

ESTRATEGIAS DE RIEGO Y ACLAREO EN EL CIRUELO JAPONÉS CV. BLACK-GOLD EN CASO DE ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS

Instituto Valenciano Investigaciones Agrarias
Centro Desarrollo Agricultura Sostenible
Apartado Oficial
46113 Moncada
e-mail: intrigliolo_die@ivia.gva.es

1. Introducción.

En climas semi-áridos, como es el caso de la mayoría de las zonas frutícolas españolas, el riego es el factor más determinante de la respuesta productiva y de la calidad de las cosechas.

En caso de escasez de recursos hídricos los fruticultores suelen verse obligados a aplicar dosis de riego inferiores a las necesidades del cultivo. En este caso una de las posibles alternativas es el riego deficitario controlado (RDC), que consiste en imponer déficit hídricos en periodos predeterminados y en cubrir las necesidades hídricas normales durante el resto del ciclo fenológico del árbol. Ensayos previos en ciruelo japonés cv. Black-Gold, mostraron que, en esta variedad el periodo de post-cosecha después de la recolección es sin duda alguna el período más adecuado para restringir los aportes hídricos (Intrigliolo y Castel 2006).

Sin embargo, la respuesta de

Resumen

La carga de cosecha es un factor determinante de la productividad de los frutales de hueso, que además puede condicionar la respuesta a otras prácticas de cultivo como el riego deficitario. Por ello se evaluó durante tres años la reducción de la carga de cosecha para mitigar los posibles efectos negativos del estrés hídrico sobre el tamaño del fruto y, a medio plazo, sobre el crecimiento de los árboles. Los resultados mostraron que en los tratamientos de riego máximo el tamaño del fruto, fue un 10% mayor en el nivel de carga baja que en el medio (comercial). Por otra parte el estrés hídrico provocó una reducción del peso medio del fruto de un 7 y 6% en los dos niveles de carga, respectivamente e incrementó la concentración de azúcares de los frutos. Sin embargo, el riego deficitario redujo el crecimiento del tronco a lo largo de todo el periodo experimental en un 64% en los árboles con carga comercial y sólo un 29% en los de carga baja. En consecuencia, la producción a largo plazo fue más drásticamente afectada por el riego deficitario en los árboles con carga media. Así, en el promedio de los tres años, el riego deficitario aumentó hasta un 17% la eficiencia en el uso del agua (producción obtenida por m³ de agua de riego + lluvia ocurrida) en los árboles con carga baja y sólo un 7% en la carga alta. Por todo ello, en caso de escasez de recursos hídricos, puede ser conveniente reducir la carga de cosecha a fin de garantizar la productividad a medio plazo y permitir incrementos sostenidos en la eficiencia en el uso del agua.

los frutales al riego deficitario puede depender también de otros factores culturales tales como el nivel de producción (es decir la carga de frutos), factor determinante que suele aumentar la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico cuando el nivel de producción es elevado (Berman y DeJong 1996).

Así pues, reducir el nivel de producción podría emplearse como estrategia para mitigar los posibles efectos negativos del estrés hídrico. Por todo ello, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar la respues-

ta al RDC del ciruelo japonés cv. Black-Gold, variedad de maduración intermedia y para consumo en fresco, en función de dos niveles de producción, comercial (unos 600 frutos por árbol) y más reducido (300-350 frutos por árbol). Las restricciones de riego se aplicaron durante el periodo de post-cosecha y también durante el mes de mayo coincidiendo con la fase II del crecimiento del fruto.

2. Materiales y Métodos

2.1 Características de la parcela experimental.

Localización y duración del ensayo: Liria (39° 45'N, 0° 38'W, altitud 300m); 2004-2006.

Año plantación: 1997

Varietal estudio: Ciruelo japonés Black-Gold (*Prunus salicina* L.) sobre Mariana GF81

Polinizadores: Black-Diamond y Black-Amber

Marco de Plantación: 5.0 m x 3.5 m

Formación: Vaso

Diseño estadístico: Bloques completos al azar con 3 repeticiones por tratamiento

Parcela elemental: 3 filas de árboles, 8 árboles en cada fila.

Árboles de mediciones: 6 árboles de la fila central.

Suelo: franco-arenoso-pedregoso con profundidad útil media de 80 cm

Agua de riego: Conductividad eléctrica media de 1.1 dS/m (a 25°C) y un contenido medio de cloruros de 122 g/m³.

Sistema de riego: Riego por goteo con doble manguera y 6 emisores de 3.85 l/h por árbol.

Datos climáticos: Estación de Liria de la red del Servicio de Tecnología del Riego del IVIA, distante 600 m de la parcela. (Ver datos climáticos en Tabla 1)

Prácticas culturales: Las comunes para la zona de cultivo, efectuándose aclareo manual de frutos durante el mes de abril.

2.2 Tratamientos de riego

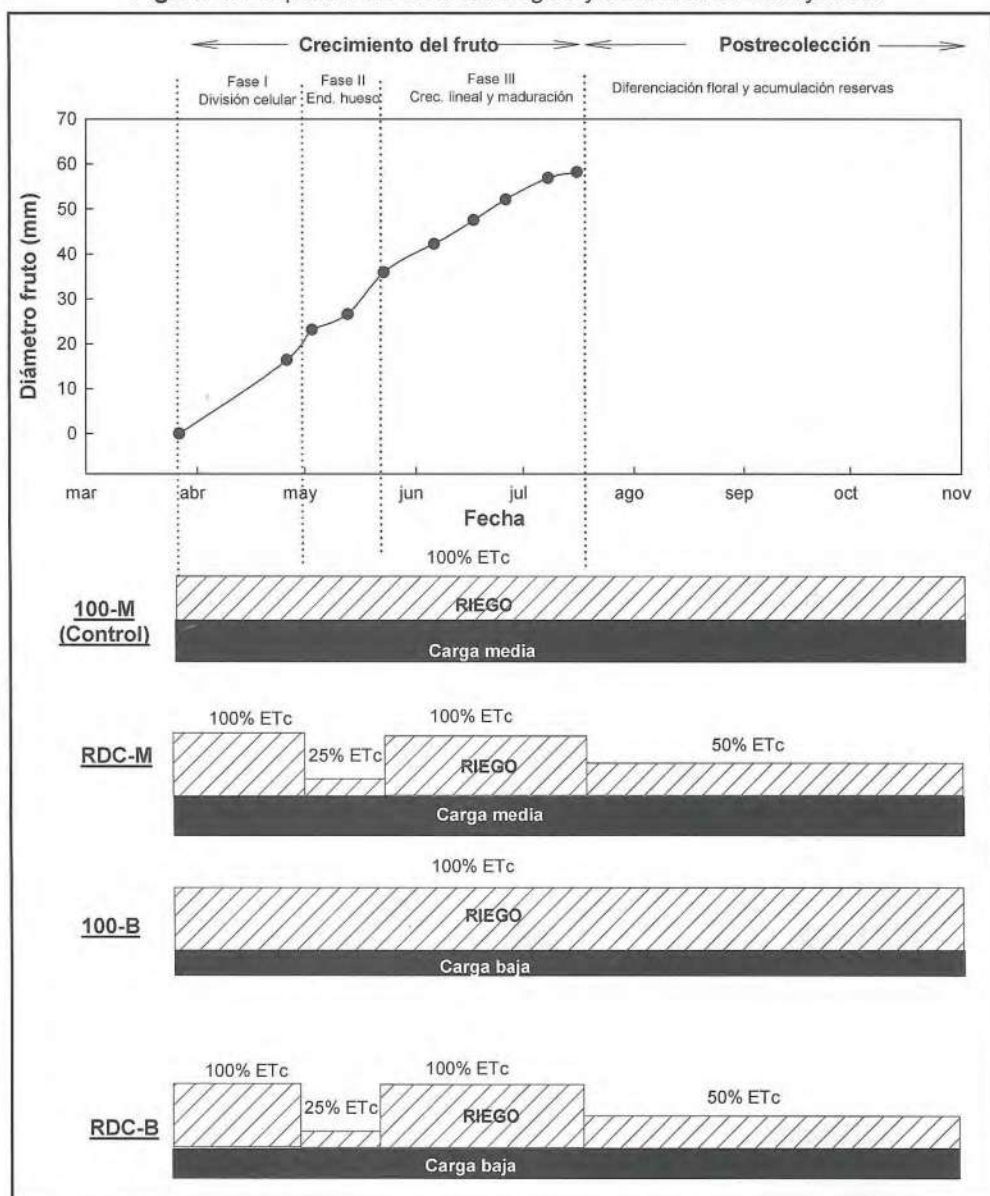
Los tratamientos de riego ensayados, según se esquematiza en la figura 1 fueron los cuatro siguientes:

'100-M' y '100-B' ambos regados al 100% de la evapotranspiración estimada del cultivo (ET_c); siendo

Tabla 1. Precipitación y demanda evaporativa (ET_o), registradas durante la temporada de riego (principios de marzo hasta finales de octubre) de cada año. Se muestran también los volúmenes de riego aportados en cada tratamiento y entre paréntesis el % de ahorro de agua frente al correspondiente tratamiento '100'.

Año	ET _o , mm	Lluvia, mm	Riego, mm			
			100-M	100-B	RDC-M	RDC-B
2004	867	275	283	281	176 (38)	171 (40)
2005	952	154	351	350	259 (26)	255 (27)
2006	980	179	337	322	274 (19)	262 (19)

Figura 1: Esquema del ciclo fenológico y tratamientos ensayados.



'M' con carga de producción comercial (600-700 frutos por árbol correspondiente a 7.0 frutos por cm² de sección transversal del tronco (STT)) y 'B' con carga baja,

unos 300-350 frutos por árbol correspondiente a 4.0 frutos por cm² de STT.

'RDC-M' y 'RDC-B' regados al 25% de la ETc durante el mes de Mayo (fase II del crecimiento del fruto o de endurecimiento del hueso) y al 50% de la ETc durante todo el periodo post-cosecha. Durante el resto del año (Fases I y III del crecimiento del fruto) se regaba al 100% de las necesidades hídricas. Nuevamente 'RDC-M' con unos 7.0 frutos por cm² de STT y el 'RDC-B' con unos 4.0 frutos por cm² de STT.

2.3 Determinaciones

Se determinó el potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_{tallo}), mediante cámara de presión, en hojas adultas, situadas en la cara norte del árbol y cercanas al tronco. En cada tratamiento y ocasión se usaron 2 hojas por árbol en dos árboles representativos de dos repeticiones distintas. Las hojas se embolsaron dos horas antes de la determinación en bolsas de plástico recubiertas externamente con papel de aluminio y todas las medidas se realizaron entre las 13:30 y 14:30 horas, aproximadamente cada diez días.

El crecimiento de los árboles se evaluó por medida del perímetro del tronco con cinta métrica a una altura de 20 cm del suelo en todos los árboles experimentales, al principio y final del ensayo. El crecimiento relativo de los árboles (CR) se calculó como (perímetro final - perímetro inicial)/(perímetro inicial).

Los posibles efectos de los tratamientos sobre la floración y el cuajado se cuantificaron por conteo del número de flores por centímetro de rama poco antes de la antesis. La tasa de cuajado se calculó como número de frutos cuajados dividido por el número de flores en las ramas seleccionadas.

La calidad interna (°Brix y acidez) de la fruta se evaluó inmediatamente después de la recolección y tras mantener la fruta durante 15 días en cámara frigorífica a 4°C y 85% de humedad relativa. El análisis estadístico de los datos consistió en análisis de la varianza y test de Duncan para las comparaciones entre los tratamientos.

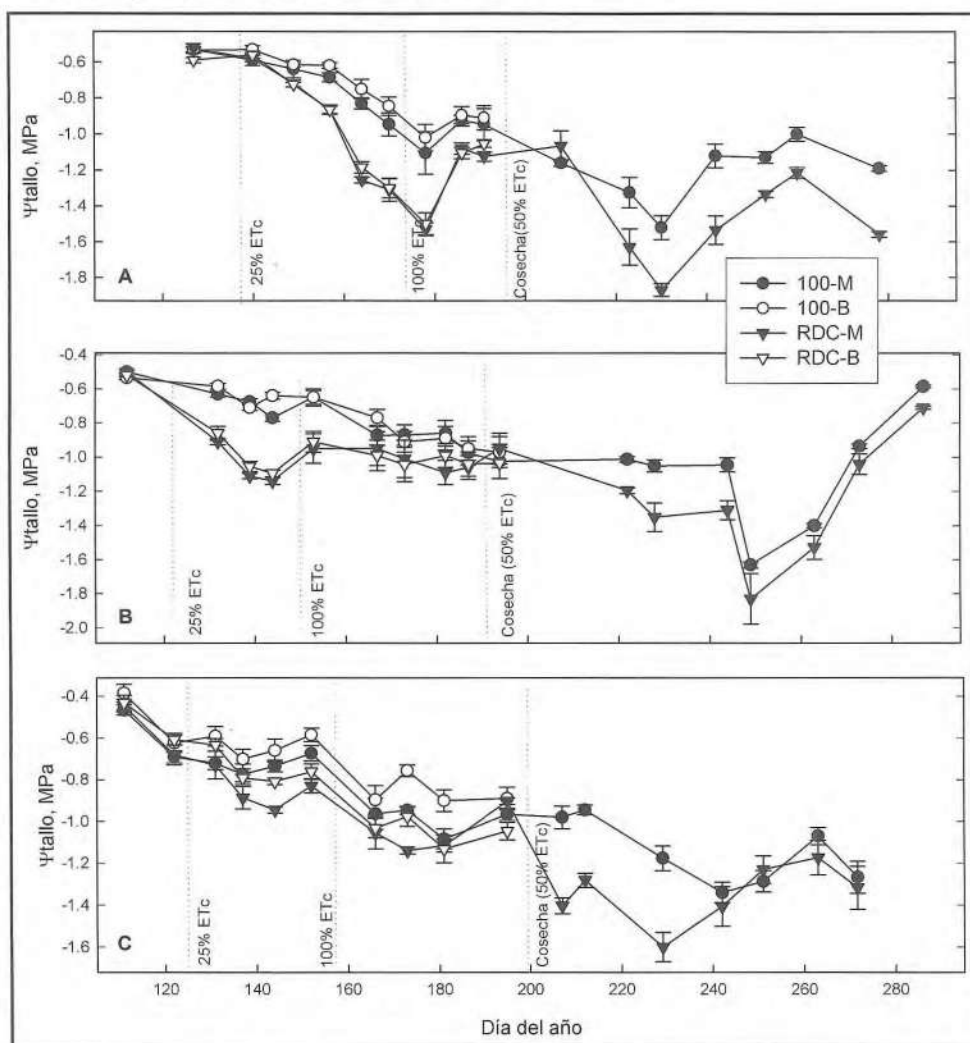
3. Resultados

3.1 Relaciones hídricas

La evolución de Ψ_{tallo} fue algo distinta según años, aunque se observa una tendencia general a

menores valores de Ψ_{tallo} , incluso en los tratamientos más regados, hacia finales de cada año (Fig. 2). Así, los árboles de los tratamientos '100' mantuvieron valores entre -0.6 y -0.8 MPa hasta la cosecha y en torno a -0.8 y -1.1 MPa durante el periodo post-recolección. En cuanto a los tratamientos de riego cabe destacar que durante el periodo de crecimiento del fruto los menores valores de Ψ_{tallo} (mayor estrés) se alcanzaron en el año 2004 con valores próximos a -1.5 MPa en los tratamientos de RDC y además no pudieron recuperar valores similares al control antes de la cosecha. El efecto de la carga

Figura 2: Evolución del potencial hídrico de hoja embolsada o de tallo (Ψ_{tallo}). Los valores son medias de 8 determinaciones tomadas entre (12:30-13:30 GMT) y las barras representan el valor del error estándar.



sobre el estado hídrico de los árboles fue en general ligero o casi inapreciable con descensos del orden de -0.1 MPa en la carga media respecto a la baja.

Respuesta agronómica

Los tratamientos de riego deficitario permitieron ahorros de agua de hasta un 39% en el primer año, mientras que el ahorro fue de un 19% en el 2006 (Tabla 1).

El crecimiento vegetativo de los árboles fue negativamente afectado por las restricciones hídricas y más intensamente en el tratamiento de RDC con carga de cosecha comercial o media (Tabla 2). Así, el crecimiento relativo del tronco durante todo el periodo experimental fue reducido un 64% por el riego deficitario en los árboles con carga media y sólo un 29% en los de carga baja (Tabla 2). Por lo tanto, reducir la carga de cosecha permitió mitigar los efectos negativos del estrés hídrico tanto sobre el crecimiento del tronco como sobre el área sombreada de los árboles.

Por otra parte cabe destacar que los tratamientos de riego deficitario y los de carga de cosecha no afectaron la intensidad de la floración ni los niveles de cuajado al año siguiente de la imposición del déficit hídrico (resultados no mostrados).

A pesar del importante ahorro de agua conseguido, en el primer año, el riego deficitario no redujo significativamente la cosecha, permitiendo así incrementos muy notables (+19%) en la eficiencia del uso del agua (EUA, producción obtenida por m³ de agua de riego aplicada y lluvia, Tabla 3).

Sin embargo, en los años posteriores 2005 y 2006 es importante

destacar que el riego deficitario con carga baja continuó incrementando la EUA, mientras que en el tratamiento con carga comercial los efectos positivos del riego sobre EUA se diluyeron con el paso de los años, y de hecho en el 2006 no hubo prácticamente diferencias en este parámetro entre los tratamientos 100-M y RDC-M (Tabla 3). Esto es en gran parte debido al efecto acumulado de las restricciones hídricas sobre el crecimiento de los árboles que como se comentó

anteriormente fue menor con carga comercial que con carga baja y conllevó a árboles más pequeños con menor número de frutos recolectados en los árboles del tratamiento RDC-M con respecto a los 100-M (Tabla 3). Así pues en el último año de ensayo, mientras el tratamiento RDC-B tuvo una cosecha un 5% inferior a la del 100-B, en el RDC-M la reducción de cosecha fue del 15% comparado con el 100-M (Tabla 3).

Tabla 2. Influencia de los tratamientos de riego sobre el crecimiento relativo del tronco durante todo el periodo experimental y sobre el área sombreada por la copa de los árboles en los distintos años. Letras distintas dentro de cada año indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0.05$.

Año	Tratamientos			
	100-M	100-B	RDC-M	RDC-B
Crecimiento relativo del tronco, %				
04-06	16.2a	16.6a	8.9b	11.2c
Área sombreada, m ²				
2004	6.4a	7.0a	5.4b	5.6b
2005	6.6a	7.0a	4.5b	6.2c
2006	6.7a	7.2a	4.2b	5.3c

Tabla 3. Influencia de los tratamientos de riego sobre la producción y sus componentes en cada año. Letras distintas dentro de cada año indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0.05$.

Parámetro	Año	Tratamientos			
		100-M	100-B	RDC-M	RDC-B
Carga de frutos # frutos árbol ⁻¹	2004	600a	362b	633a	384b
	2005	658a	372b	589c	353b
	2006	727a	465b	621c	446b
Carga de cosecha # frutos por cm ² de STT	2004	7.1a	4.1b	8.0c	4.6b
	2005	6.7a	3.7b	6.9a	3.6b
	2006	6.9a	4.1b	6.2a	4.2b
Cosecha kg árbol ⁻¹	2004	53.9a	38.2b	51.1a	36.1b
	2005	56.7a	39.1b	46.4c	36.9b
	2006	53.2a	40.0b	45.4b	37.9b
Peso medio del fruto g	2004	89.8a	105.5b	80.7c	94.0d
	2005	86.2a	105.0b	78.7c	104.5a
	2006	73.1a	85.9b	73.0a	84.8b
Eficiencia en uso del agua kg m ⁻³	2004	5.9	4.2	7.0	5.0
	2005	7.3	5.0	7.5	6.0
	2006	6.6	5.1	6.5	5.6

En los tratamientos sin restricciones hídricas, los efectos de la carga sobre el tamaño del fruto fueron los esperables, con incremento constante a lo largo de los tres años en el peso medio del fruto de un 10% en la carga baja con respecto a la carga media (Tabla 3). Sin embargo, los efectos del riego fueron algo distintos en función de los años y del nivel de carga. Así en el primer año, en que el estrés hídrico padecido por los árboles durante la época del crecimiento del fruto fue mayor que en el 2005 y 2006 (Figura 2), el riego deficitario redujo el tamaño del fruto en torno a un 10% en ambos niveles de carga. Sin embargo, en el año 2005 el riego deficitario sólo afectó negativamente al tamaño del fruto en el tratamiento de carga media y en el 2006 no lo hizo en ninguno de los niveles de carga. Cabe destacar que en todos los años el tratamiento con riego deficitario y carga baja ('RDC-B') permitió obtener tamaños de frutos iguales (año 2004) o incluso superiores (año 2005 y 2006) que el tratamiento de carga media sin restricciones hídricas (100-M).

En cuanto a los efectos de los tratamientos sobre la calidad de la fruta (Tabla 4), tanto reducir la carga de cosecha como aplicar riego deficitario permitió incrementar los sólidos soluble totales del fruto tanto en el momento de la recolección como después del periodo de conserva-

ción en cámara. Por lo tanto los mayores niveles de sólidos solubles del fruto se alcanzaron en el tratamiento 'RDC-B' que tuvo en el promedio de los tres años hasta 3° Brix más. Sin embargo, los efectos de los tratamientos sobre la acidez de los frutos no fueron estadísticamente significativos.

Discusión y conclusiones

Los resultados muestran que en caso de escasez de recursos hídricos la estrategia de riego deficitario que combine restricciones tanto durante la fase II del crecimiento del fruto como en post-cosecha puede emplearse para aumentar la eficiencia en el uso del agua, sin afectar al tamaño del fruto siempre y cuando el estrés al que se someta a los árboles durante la fase II sea moderado ($\Psi_{\text{tallo}} -1.5$ MPa) y además se pueda recuperar el estado hídrico óptimo de los árboles al menos un mes antes de la cosecha. Además el riego deficitario mejoró la calidad interna de los frutos por aumento de la concentración de azúcares del mismo. Si las restricciones hídricas tuvieran que prolongarse durante varios años sería conveniente reducir la carga de cosecha a fin de mitigar los efectos negativos del estrés hídrico sobre el crecimiento de los árboles que a largo plazo pueden repercutir negativamente sobre la productividad del huerto en particular si se tratara de plantaciones jóvenes.

Tabla 4. Influencia de los tratamientos de riego sobre la calidad interna de la fruta en el momento de la cosecha y tras 15 días en cámara frigorífica. Valores medios de los tres años de estudio. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0.05$.

	Tratamiento			
	100-M	100-B	RDC-M	RDC-B
Cosecha				
Sólidos soluble totales, °Brix	12.7a	14.5b	14.1b	15.7c
Acidez total g l ⁻¹	22.2	19.3	19.7	19.8
Post-cosecha				
Sólidos soluble totales, °Brix	13.5a	15.1b	14.8b	16.5c
Acidez total g l ⁻¹	12.5	13	13.3	14.5



Parcela experimental al comienzo del ensayo



Detalle de un árbol típico de ciruelo japonés cv. Black-Gold

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CICYT AGL2004-07940-C03-03 y Rideco-Consolider CDS2006-0067. Los autores quieren agradecer a B. Tamargo, P. Micó y al resto del personal de campo de la cooperativa de Liria por la realización de las prácticas de cultivo y el mantenimiento de la parcela de ensayo. Agradecemos también al Servicio de Tecnología del Riego, al Servicio de Desarrollo Tecnológico Agrario y a F. Sanz la ayuda prestada en el manejo del riego y en labores de campo realizadas durante el ensayo.

Referencias bibliográficas:

- Berman ME, DeJong TM (1996) Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree Physiology* 16, 859-864.
Intrigliolo DS, Castel JR (2006) Riego deficitario controlado en ciruelo japonés. *Agrícola Vergel*. 293:253-260.